Iranian Food Science and Technology
Research Journal
Homepage: https://ifstrj.um.ac.ir

Research Article
Vol. 20, No. 5, Dec.-Jan. 2024, p. 533-545

Effects of Lavender Essential Oil Addition on Oxidative Stability of Canola Oil under Accelerated Condition

F.S. Khanagaei[1], F. Akrami Mohajeri[2], E. Askari[3], H. Fallahzadeh[4], E. Khalili Sadrabad[2*]

1 and 2- M.Sc Graduated and Associate Professor, Research Center for Food Hygiene and Safety, Department of Food Hygiene and Safety, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran, respectively.
3- Assistant Professor, Department of Nutrition, School of Health & Nutrition, Lorestan University of Medical Sciences, Khoram abad, Iran
4- Professor, Center for Healthcare Data Modeling, Departments of Biostatistics and Epidemiology, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran
(*- Corresponding Author Email: Khalili.elham@ssu.ac.ir)

Received: 19.08.2023 Revised: 12.08.2024 Accepted: 18.09.2024 Available Online: 21.11.2024	**How to cite this article:** Khanagaei, F.S., Akrami Mohajeri, F., Askari, E., Fallahzadeh, H., Khalili Sadrabad, E. (2024). Effects of lavender essential oil addition on oxidative stability of canola oil under accelerated condition. *Iranian Food Science and Technology Research Journal, 20*(5), 533-545. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ifstrj.2024.83911.1276

Introduction

Canola oil with high unsaturated fatty acids and nutritional value is susceptible to oxidation due to lipid oxidation. Lipid oxidation leads to a reduction of nutritional quality, sensory and safety characteristics of the vegetable oils. To retard lipid oxidation, the synthetic antioxidants are usually used in the vegetable oils. By increasing the public concern about health problems of synthetic antioxidants, the use of natural antioxidants is increasing. Lavender (*Lavandula officinalis*) is an evergreen plant native to the Mediterranean. The presence of linalool, linalyl acetate, 1,8-cineole B-ocimene, terpinen-4-ol, and camphor in lavender essential oil, make it a good natural antioxidant which could use in food industry. Therefore, in the current research, it was aimed to investigate the antioxidant effect of lavender essential oil on the stability of canola oil.

Material and Method

The lavender was bought from Golestan province and dried in room temperature. The lavender essential oil was prepared by hydro distillation of flower heads. Then, the phenolic compounds were determined using GC-MASS. The Total phenolic content (TPC), flavonoid content (TFC), and antioxidant activity (FRAP and DPPH) of lavender essential oil were evaluated. Then, lavender essential oil in concentrations of 200, 400, 600, 800, and 1000 mg/kg was added to the crude canola oil compared to canola oils without antioxidants and synthetic antioxidant TBHQ (100 and 200 mg/kg). Then, the samples were kept at 60 to 70 ºC for 12 days. The analysis was done in an interval of 24 h for 12 days. Lipid oxidation of samples was determined by peroxide value, p-anisidine value, TOTOX value, and thiobarbituric acid each 24 h. analyses of Data were done by one-way analysis of variance (ANOVA) using SPSS software and the means were compared by the Tukey multiple range test.

Result and Discussion

According to the GC-MS analysis, 1, 8-cineole (59.45 %), linalool acetate (32.48 %), linalool (6.31 %), and limonene (1.06 %) were identified as the major constituent of lavender essential oil. Also, Total phenol, flavonoid, FRAP and DPPH (IC_{50}) contents of lavender essential oil were 71.55 mg GAE/g, 82.66 mg of rutin/100 g, 12.63 mmol H_2SO_4, and 55.88 mg/ml, respectively. According to the results, all lipid oxidation

https://doi.org/10.22067/ifstrj.2024.83911.1276

indexes were increased after twelve days of storage. In general, lavender essential oil was effective in retarding the oxidation of canola oil at a temperature of 70 ^{o}C. Also, the concentration of 1000 mg/kg of the essential oil had antioxidant activities similar to the TBHQ in 100 mg/kg concentration.

Conclusion

It was showed that lavender essential oil, as a natural antioxidant, has the ability to react with the radicals resulting from the oxidation of lipids and causes the interruption of oxidation chain reactions and increases the time and decreases the rate of oxidation. As observed, the oxidation of canola oil in all samples, especially the samples without antioxidants or antioxidants to a lesser extent, increased significantly with increasing storage time. In general, lavender essential oil at L_{1000} concentration and also in some oxidation indices of lavender essential oil at L_{800} concentration has an effective role in preventing the oxidation of canola oils like synthetic antioxidant TBHQ.

Keywords: Antioxidant activity, Canola oil, Lavender essential oil, Lipid oxidation

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
https://ifstrj.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۲۰، شماره ۵، آذر-دی ۱۴۰۳، ص. ۵۴۵-۵۳۳

بررسی اثر افزودن اسانس اسطوخودوس بر پایداری اکسایشی روغن کانولا تحت شرایط تسریع شده

فاطمه سادات خانقایی[۱]- فاطمه اکرمی مهاجری[۲]- الهه عسکری[۳]- حسین فلاح زاده[٤]- الهام خلیلی صدرآباد[۲]*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۸

چکیده

در این تحقیق، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و اثرات حفاظتی اسانس اسطوخودوس بر پایداری روغن کانولا بررسی و با آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ مورد مقایسه قرار گرفت. ابتدا اسانس اسطوخودوس از نظر ترکیبات فنولی، محتوای فنول تام، محتوای فلاونوئید و خاصیت آنتی‌اکسیدانی (FRAP و DPPH) مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس، در غلظت‌های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به روغن کانولای فاقد آنتی‌اکسیدان اضافه و به همراه روغن کانولای حاوی آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ با دو غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و روغن بدون آنتی‌اکسیدان در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۲ روز نگهداری شدند. سپس، هر ۲۴ ساعت یک مرتبه پیشرفت اکسایش با اندازه‌گیری عدد پراکسید، عدد آنیزیدین، عدد توتوکس و عدد تیوباربیتوریک اسید تعیین گردید. براساس نتایج کروماتوگرافی گازی ترکیبات عمده موجود در اسانس اسطوخودوس شامل ۱،۸-سینئول (۵۹/۴۵ درصد)، لینالول استات (۳۲/۴۸ درصد)، لینالول (۶/۳۱ درصد) و لیمونن (۱/۰۶ درصد) بود. محتوای فنول تام، فلاوونوئید، FRAP و DPPH اسانس به‌ترتیب ۷۱/۵۵ میلی‌گرم بر گرم اسید گالیک، ۸۲/۶۶ میلی گرم روتین بر ۱۰۰ گرم اسانس، ۱۲/۶۳ میلی‌مولار بر حسب آهن و ۵۵/۸۸ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر به‌دست آمد. در طی دوازده روز نگهداری تمامی شاخص‌های اکسایشی در روغن‌های مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. به‌طور کلی، اسانس اسطوخودوس در غلظت‌های ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاصیت آنتی‌اکسیدانی مشابه با آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم داشت. نتایج نشان داد اسانس اسطوخودوس دارای خاصیت آنتی اکسیدانی نسبتا بالایی است و می‌توان از این گیاه به‌عنوان جایگزین آنتی‌اکسیدان سنتزی برای جلوگیری از اکسیداسیون روغن استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: اکسایش چربی، اسانس اسطوخودوس، خاصیت آنتی‌اکسیدانی، روغن کانولا

مقدمه

لیپیدها منابع ارزشمندی از انرژی هستند که قادرند بیش از دو برابر کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها انرژی تولید کنند. اسیدهای چرب ضروری و نیز بخشی از ویتامین‌های مورد نیاز بدن (ویتامین‌های محلول در چربی) از طریق مصرف این منابع در رژیم غذایی تأمین می‌گردند (Fu *et al.*, 2016). واکنش‌های اکسایش و تجزیه اکسایش، تخریب کننده اصلی محصولات غذایی هستند که ارزش غذایی و کیفیت حسی محصولات را کاهش می‌دهند و علاوه بر آن عمر نگهداری روغن را کاهش می‌دهند و به‌دلیل تولید ترکیبات نامطلوب در آن موجب پیر شدن، ایجاد بیماری‌های قلبی، ایجاد جهش و ایجاد سرطان می‌شوند (Cui *et al.*, 2016). کانولا از کلزای اصلاح شده بدست می‌آید و از روغن‌هایی است که حاوی مقدار زیادی اسید چرب آلفالینولنیک است و به‌عنوان یکی از منابع تأمین کننده امگا ۳ به شمار می‌رود. پایداری حرارتی روغن‌های نباتی رایج از جمله سویا، آفتابگردان، ذرت و کلزا به‌دلیل میزان بالای اسیدهای چرب غیر اشباع غالبا بسیار نامناسب ارزیابی می‌شود (Farhoosh *et al.*, 2010). باتوجه به اهمیت لیپیدها و روغن‌ها در رژیم غذایی انسان‌ها و ایجاد و اکنش‌های اکسایش در این ماده که علاوه بر

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته و دانشیار، بهداشت و ایمنی مواد غذایی، مرکز تحقیقات سلامت و ایمنی غذا، گروه بهداشت و ایمنی مواد غذایی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران
۳- استادیار، بهداشت و ایمنی مواد غذایی، مرکز تحقیقات بهداشت تغذیه، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، ایران
۴- استاد، مرکز تحقیقات مدل‌سازی داده‌های سلامت، گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: khalili.elham@ssu.ac.ir)

کاهش ارزش تغذیه‌ای، کیفیت‌های حسی از لحاظ رنگ، طعم و بو کاهش می‌دهد، لزوم بررسی کیفیت این گونه محصولات در طی نگهداری ضروری به‌نظر می‌رسد. در صنعت روغن نیز برای جلوگیری از اکسیداسیون روش‌های متعددی وجود دارد که یکی از این موارد افزودن آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی می‌باشد. با توجه به این که آنتی اکسیدان‌های سنتزی اثرات نامطلوبی مانند اثر جهش‌زایی و سرطان زایی در بدن انسان دارند به تدریج از لیست آنتی‌اکسیدان‌های مصرفی حذف می‌گردند.

امروز ترکیبات فنولی موجود در گیاهان به‌عنوان بهترین منبع آنتی‌اکسیدان طبیعی شناخته می‌شوند. فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنولی به طرق مختلف صورت می‌گیرد که از جمله آن‌ها می‌توان به شلاته کردن رادیکال‌های آزاد، دادن هیدروژن، جمع‌آوری اکسیژن و متصل نمودن یون‌ها اشاره کرد. در میان گیاهان حاوی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، گیاهان تیره نعناعیان بیشترین سهم را به خود اختصاص داده و حتی ترکیبات موجود در این منابع می‌توانند مدل هایی برای ساخت ترکیبات سنتزی باشند (Ghadri *et al*., 2010). یکی از گیاهانی که حاوی این ترکیبات است اسطوخودوس با نام علمی *Lavandula officinalis* می‌باشد که گیاهی از خانواده نعناعیان (Lamiacae) است. اسطوخودوس گیاهی علفی و یک‌ساله است که از اسانس‌های روغن آن برای مصارف درمانی-آرایشی استفاده می‌شود. این گیاه به‌صورت خودرو در مناطق مختلف دنیا یافت می‌شود. روغن استخراج شده از این گیاه (اسانس) حاوی ترکیبات آلی فراری همانند منوترپن‌ها، تانن‌ها و مشتقات کومارین است (Taha Nejad *et al*., 2012). حضور این ترکیبات در گیاه اسطوخودوس، خواص آنتی‌اکسیدانی این گیاه را افزایش داده است. بنابراین در تحقیق حاضر، اسانس اسطوخودوس از نظر ترکیبات فنولی، فلاونوئیدی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی مورد بررسی قرار گرفت. سپس، اسانس اسطوخودوس در غلظت‌های مختلف به روغن کانولا اضافه شده و در طی نگهداری در شرایط تسریع شده (به‌مدت ۱۲ روز) اثر حفاظتی آن بر روغن کانولا بررسی شد.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه اسانس اسطوخودوس

گیاه اسطوخودوس با نام علمی *Lavandula officinalis* از شهر گلستان تهیه شد و پس از تأیید توسط هرباریوم، گل و سرشاخه‌های گلدار گیاه خشک شده و به‌صورت پودر در ظرفی تیره نگهداری شد. اسانس‌گیری با استفاده از اسطوخودوس پودر شده (۵۰ گرم)، به روش تقطیر با آب (۳۰۰ میلی‌لیتر) به‌مدت چهار ساعت توسط دستگاه کلونجر انجام گرفت. سپس، روغن فرار استخراج شده (اسانس) در مجاورت سولفات سدیم بدون آب، آبگیری و تا زمان استفاده در دمای چهار درجه سانتی گراد نگهداری شد (Karami *et al*., 2010).

تهیه روغن کانولا

نمونه‌های روغن کانولای خام از شرکت صنایع غذایی نشاط آور یزد تهیه شدند.

آنالیز ترکیبات فنولی اسانس اسطوخودوس توسط دستگاه GC- MASS

آنالیز اسانس اسطوخودوس استخراج شده با دستگاه کلونجر با دستگاه کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنج جرمی با ستون DB-5 به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت ۰/۲۵ میکرومتر، گاز حامل هلیوم با شدت جریان ۱/۱ میلی‌لیتر بر دقیقه، دمای تزریق و شناسایی ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و برنامه دمایی ۴۰ تا ۴۶۰ درجه سانتی‌گراد و روند افزایشی ۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه، حجم تزریق ۰/۲ میکرولیتر و شناساگر یونیزاسیون الکترونی با انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت، انجام پذیرفت (Sarrami *et al*., 2023).

اندازه‌گیری فنول تام

مقدار فنول تام، توسط روش رنگ‌سنجی و با معرف فولین سیوکالتو (Folin–Ciocalteu reagent (FCR)) اندازه‌گیری شد. غلظت‌های مختلف اسانس در متانول تهیه شد و میزان ۰/۵ میلی‌لیتر نمونه با ۲/۵ میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالتیو (ده برابر رقیق شده) و ۲ میلی‌لیتر بی‌کربنات سدیم ۷/۵ درصد مخلوط گردید. مخلوط حاصل به‌مدت ۶۰ دقیقه در دمای محیط باقی‌مانده و سپس جذب توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (HACH DR6000 ساخت کشور آمریکا) در طول موج ۷۶۵ نانومتر خوانده شد. برای نمونه شاهد از متانول استفاده گردید. جهت رسم منحنی استاندارد از غلظت‌های مختلف اسید گالیک استفاده گردید و محتوای فنول تام به‌صورت میلی‌گرم معادل اسید گالیک در گرم ماده خشک عصاره (mg GAE/g) گزارش شد (Sarrami *et al*., 2023).

اندازه‌گیری فلاونوئید تام

به‌منظور تخمین میزان فلاونوئید تام در اسانس اسطوخودوس در حدود ۲۵۰ میکرولیتر از اسانس به ۱/۲۵ میلی‌لیتر متانول اضافه شد. سپس، ۷۵ میکرولیتر نیتریت سدیم ۵ درصد به مخلوط اضافه شد و پس از گذشت ۶ دقیقه ۱۵۰ میکرولیتر آلومینیوم کلرید هیدرات ۱۰ درصد افزوده شد. پس از گذشت ۵ دقیقه، در حدود ۰/۵ میلی‌لیتر محلول هیدروکسید سدیم ۱ مولار و ۲۷۵ میکرولیتر اتانول به مخلوط

حاصل اضافه شد و نمونه‌ها مقابل متانول به‌عنوان بلانک در طول موج ۵۱۰ نانومتر (اسپکتروفوتومتر، (HACH DR6000 ساخت کشور آمریکا) خوانده گردید. سپس شکل استاندار برای روتین رسم گردید (Amiri *et al.*, 2023).

ارزیابی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با رادیکال دی فنیل پیکریل هیدرازیل یا DPPH

به‌منظور سنجش خاصیت آنتی‌اکسیدانی نمونه، غلظت‌های مختلف اسانس در آزمون DPPH مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین منظور، با افزودن ۵۰۰ میکرولیتر اسانس (غلظت‌های مختلف) به ۱/۵ میلی‌لیتر DPPH (۳/۹۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول) صورت می‌گیرد. بعد از ۲۰ دقیقه جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر خوانده گردید. نمونه بلانک حاوی ۵۰ میکرولیتر آب مقطر با ۱/۵ میلی‌لیتر DPPH است. سپس، مقادیر بدست آمده وارد نرم‌افزار اکسل شده و با رسم نمودار و پس از بدست آمدن فرمول مربوطه، غلظتی از اسانس که قادر به خنثی کردن یا مهار ۵۰ درصد از رادیکال آزاد DPPH باشد، محاسبه می‌شود. بدیهی است که هرچه این عدد کوچکتر باشد قدرت آنتی‌اکسیدانی یا مهار رادیکال‌های آزاد، بیشتر می‌باشد (Sarafraz Ardakani *et al.*, 2023).

ارزیابی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی براساس احیای آهن با روش FRAP

به‌طور خلاصه محلول کار FRAP حاوی سه محلول: بافر استات سدیم (۳۰۰ میلی‌مولار با pH=۳/۶)، ۲،۴،۶–تریس (۲–پیریدیل)–اس، تری آزین۱۰میلی‌مولار در اسید هیدروکلریک ۴۰ میلی‌مولار و کلرید آهن ۶ آبه (۲۰ میلی‌مولار) به نسبت ۱۰: ۱:۱ تهیه شد. ابتدا رقت‌های مختلف اسانس تهیه شد و سپس به ۱۵۰ میکرولیتر از نمونه های رقیق شده، ۳ میلی‌لیتر از محلول کار FRAP افزوده شد و پس از پنج دقیقه جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۹۳ نانومتر خوانده گردید. از ترکیب ۱۵۰میکرولیتر متانول با ۳ میلی‌لیتر از محلول کار FRAP به عنوان نمونه شاهد استفاده شد. برای تهیه محلول استاندارد FRAP، میزان ۰/۲۷۸ گرم از فروس سولفات ۵ آبه در یک لیتر آب مقطر حل گردید و سپس غلظت استاندارد (۰/۱ میلی‌مولار تا ۱ میلی‌مولار) تهیه شد و از ترکیب ۱۵۰ میکرولیتر آب مقطر و ۳ میلی‌لیتر محلول کار FRAP بعنوان بلانک استفاده گردید (Sarafraz Ardakani *et al.*, 2023).

افزودن اسانس اسطوخودوس به روغن کانولا

بعد از سنجش خاصیت آنتی‌اکسیدانی با دو روش DPPH و FRAP و محتوای فنول و فلاونوئید تام، اسانس اسطوخودوس در مقادیر مختلف (۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به روغن کانولا تصفیه شده اضافه گردید. یک نمونه فاقد اسانس و دو نمونه حاوی غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم TBHQ به عنوان کنترل در نظر گرفته شد. نمونه‌ها درون ظروف تیره رنگ به مدت یک ساعت بر روی شیکر قرار داده شدند تا به خوبی هموژن شوند. سپس شاخص‌های شیمیایی همانند عدد پراکسید، عدد آنیزیدین، عدد توتوکس و عدد تیوباربیتوریک اسید در طی نگهداری روغن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۲ روز سنجیده شد. از این پس، آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ با دو غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌صورت $TBHQ_{100}$ و $TBHQ_{200}$ و اسانس های اسطوخودوس با غلظت‌های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی-گرم بر کیلوگرم به‌ترتیب به‌صورت L_{200}، L_{400}، L_{600}، L_{800}، L_{1000} و نمونه کنترل L_0 ذکر می‌گردد.

سنجش شاخص‌های اکسایشی روغن کانولا

ارزیابی عدد پراکسید[1]: به‌منظور سنجش عدد پراکسید از روش تیتراسیون با تیوسولفات سدیم براساس میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم استفاده شد. بدین‌منظور، ۵ گرم نمونه روغن با ۳۰ میلی‌لیتر محلول اسید استیک–کلروفرم (۲:۳ حجمی/حجمی) مخلوط شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر محلول یدید پتاسیم اشباع به نمونه اضافه شد. پس از گذشت یک دقیقه، ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده و نمونه‌ها در حضور شناساگر چسب نشاسته با تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال تیتر شدند. تیتراسیون تا محو شدن رنگ آبی ادامه یافت و عدد پروکسید براساس فرمول زیر محاسبه شد.

۱۰۰۰× حجم نمونه/نرمالیته تیوسولفات سدیم×حجم مصرفی در طی تیتراسیون= عدد پروکسید

ارزیابی عدد آنیزیدین[2]: برای ارزیابی عدد پارا آنیزیدین، ۰/۱۲۵ گرم پارا آنیزیدین پس از توزین در بالن ۵۰ میلی‌لیتری، با اسید استیک به حجم رسانده شد (محلول شماره ۱). سپس، پنج گرم روغن با ایزواکتان به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد (محلول شماره ۲). سپس در لوله‌آزمایش به ۵ میلی‌لیتر از محلول شماره ۲ مقدار یک میلی‌لیتر اسید استیک اضافه گردید (محلول واکنش نیافته) و به ۵ میلی‌لیتر محلول شماره ۲، یک میلی‌لیتر محلول شماره یک اضافه شد (محلول واکنش یافته). برای تهیه بلانک، به ۵ میلی‌لیتر حلال ایزواکتان یک میلی‌لیتر محلول شماره یک افزوده شد. پس از نگهداری به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای محیط، جذب نمونه‌ها در برابر بلانک در طول موج ۳۵۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر خوانده شد و میزان عدد آنیزیدین بر طبق فرمول زیر محاسبه گردید.

1- Peroxide value
2- p-Anisidine

وزن روغن (گرم)/ (جذب محلول واکنش نیافته – جذب محلول واکنش یافته) ۱/۲ ×۲۵= عدد آنیزیدین

ارزیابی عدد TBARs: در ابتدا مقدار ۱ میلی‌لیتر نمونه روغن با ۲ میلی‌لیتر محلول TBA-TCA که حاوی تری کلرو استیک اسید ۱۵ درصد (TCA) و ۲-تیوباربیتوریک اسید ۰/۳۷۵درصد (TBA) در آب مقطر است، مخلوط و ورتکس می‌شود. سپس در حمام آبگرم ۹۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳۰-۱۵ دقیقه تا ظاهر شدن رنگ صورتی انکوبه می‌شود. مخلوط حاصل به‌مدت ۱۵ دقیقه در سانتریفیوژ با دور ۴۵۰۰rpm قرار داده می‌شود. سپس جذب مواد روئی در طول موج ۵۳۲ نانومتر در برابر بلانک خوانده می‌شود. برای آزمون TBARs نمودار استاندارد با استفاده از، ۱، ۳، ۳- ترا اتوکسی پروپان (TEP) در غلظت‌های مختلف رسم و نتایج به‌صورت میلی‌گرم مالون دی آلدهید (MDA) در هر کیلوگرم نمونه بیان گردید.

ارزیابی عدد توتوکس: شاخص TOTOX بر اساس نتایج به‌دست آمده از آزمون‌های پراکسید و آنیزیدین بر طبق رابطه زیر محاسبه گردید (Foglia *et al*., 1993).

عدد آنیزیدین + (۲ × عدد پروکسید)= عدد توتوکس

تجزیه و تحلیل آماری

بعد از جمع‌آوری و ورود اطلاعات به نرم‌افزار SPSS۱۸ داده‌ها با استفاده از از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه و Repeated measure مورد بررسی قرار گرفت و نتایج در سطح اطمینان ۹۵ درصد تحلیل گردید. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی استفاده شد.

نتایج و بحث

ارزیابی ترکیبات شیمیایی اسانس اسطوخودوس با روش کروماتوگرافی گازی (GC-MS)

براساس نتایج بدست آمده در جدول ۱، ۱۸ ترکیب شیمیایی با مجموع ۹۹/۹۹ درصد در اسانس اسطوخودوس شناسایی شد. در میان ترکیبات شناسایی شده، 1,8-Cineole با ۵۹/۴۵ درصد بیشترین مقدار و پس از آن Linalool acetate، Linalool و Limonene به ترتیب با درصدهای ۳۲/۴۸، ۶/۳۱ و ۱/۰۶ در جایگاه‌های بعدی بودند. در مطالعه گزیلا و همکاران (Xylia *et al*., 2017) نیز مطابق با مطالعه حاضر 1,8-Cineol با میزان ۷۵/۵ درصد به‌عنوان بیشترین ترکیب در اسانس اسطوخودوس معرفی شد. نتایج پژوهش‌های دی رپر و همکاران (de Rapper *et al*., 2013) نشان داد که Linalyl acetate (۳۶/۷ درصد) و Linalool (۳۱/۴ درصد) ترکیبات اصلی در اسانس اسطوخودوس هستند که مقادیر Linalyl acetate تقریبا در محدوده مطالعه حاضر می‌باشد. با وجود اختلاف در بیشترین نوع ترکیب یافت شده اما میزان Linalyl acetate در مطالعه حاضر با نتایج حاصل از این دو پژوهش همخوانی دارد. در تحقیق سیوکارلان و همکاران (Ciocarlan *et al*., 2021) ۴۱ ترکیب در اسانس روغنی اسطوخودوس شناسایی شد که Linalyl acetate، Linalool، E- Ocimene و β-Caryophyllene بترتیب بیشترین ترکیبات را شامل می‌شدند. در مطالعه دانگ و همکاران (Dong *et al*., 2020) ۴۰ ترکیب در اسانس اسطوخودوس شناسایی شد که حدود ۹۲/۰۳ درصد از ترکیب کلی اسانس را شامل می‌شد که بیشترین ترکیبات شناسایی شده شامل Linalyl acetate (۲۶/۶۱ درصد)، Linalool (۱۹/۷۱ درصد)، Lavandulol acetate (۱۲/۶۸ درصد)، β-Caryophyllene oxide (۳/۶۵ درصد)، α-Terpineol (۳/۶۱ درصد)، β-cis-Ocimene (۳/۳۱ درصد) بود (Dong *et al*., 2020). همانطور که مشاهده می‌شود، میزان ترکیبات شیمیایی در گیاه اسطوخودوس در مطالعات مختلف متغیر می‌باشد که این تفاوت می‌تواند به‌دلیل تفاوت در نوع گونه، شرایط اقلیمی و رشد گیاه، زمان برداشت، مدت زمان نگهداری و نحوه اسانس‌گیری مرتبط باشد (Behbahani *et al*., 2017, Yalcin *et al*., 2017).

ارزیابی محتوای فنول تام و فلاوونوئید تام اسانس اسطوخودوس

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، میزان فنول تام اسانس اسطوخودوس ۷۱/۵۵ میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم و میزان فلاونوئید تام ۸۲/۶۶ میلی‌گرم روتین بر صد گرم محاسبه شد. در بررسی دیف و همکاران (Dif *et al*., 2017) بر روی سه گونه اسطوخودوس در الجزیره، میزان فنول و فلاونوئید تام در نمونه‌ها بترتیب ۶۰/۸۴ میلی گرم بر گرم و ۱۸/۱۳ میلی‌گرم بر گرم تخمین زده شد. میزان فنول تام اسانس اسطوخودوس اسپانیایی در حدود ۱۳۷/۵۲ میلی‌گرم اسید گالیک بر لیتر گزارش گردید (Marín *et al*., 2016). در مطالعه باجالان و همکاران (Bajalan *et al*., 2016) میزان فنول و فلاونوئید تام در ۳۰ نمونه اسطوخودوس بترتیب در محدوده ۱۳/۴۵ تا ۱۰۵/۳۹ میلی‌گرم برحسب اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن خشک و ۲۸/۱۹ تا ۷۱/۶۲ میلی‌گرم بر حسب کوئرستین در ۱۰۰ گرم وزن خشک گزارش گردید. در مطالعه‌ای دیگر میزان محتوای فنول اسانس اسطوخودوس مصری ۱۴۰/۳۳ میلی‌گرم برحسب اسید گالیک در لیتر محاسبه شد (Viuda-Martos *et al*., 2011). دلیل تفاوت در میزان ترکیبات فنولی به تفاوت‌های جغرافیایی (اثر نور خورشید بر فلاونوئیدها)، نوع خاک، شرایط کشت، آب و هوای منطقه و حتی نحوه خشک کردن گیاه بستگی دارد (Caser *et al*., 2023). همچنین تولید ترکیبات فنولی (ترکیبات ثانویه گیاهان)، تحت تأثیر عواملی مانند استرس و تماس با پاتوژن‌ها و آفت‌ها می‌باشد (Mastrodi Salgado *et al*., 2012).

جدول ۱- مقادیر ترکیبات شیمیایی موجود در اسانس اسطوخودوس با استفاده از GC-MS

Table 1- The chemical composition of *Lavandula officinalis* essential oil by GC-MS

ردیف Row	زمان بازداری Retention Time (min)	نام ترکیب Chemical Compound	مقدار ترکیب Composition (%)
1	6.53	1,8-Cineole	59.45
2	12.1	Linalool acetate	32.48
3	8.08	Linalool	6.31
4	6.28	Limonene	1.06
5	4.27	α-Pinene	0.13
6	10.16	4-Terpineol	0.13
7	5.3	β-Myrcene	0.07
8	12.76	Lavandulyl acetate	0.07
9	16.34	trans-Caryophyllene	0.07
10	9.31	Camphor	0.04
11	5.02	Sabinene	0.03
12	10.59	α-Terpineol	0.03
13	17.08	α-Humulene	0.03
14	6.62	E-β-Ocimene	0.02
15	4.11	α-Thujene	0.02
16	4.61	Camphene	0.02
17	5.77	δ-3-Carene	0.02
18	5.15	β-Pinene	0.01

جدول ۲- نتایج حاصل از آزمون‌های تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به دو روش FRAP و DPPH و محتوای فنول تام و محتوای فلاونوئید تام در اسانس اسطوخودوس

Table 2- The antioxidant capacity (DPPH and FRAP), total phenolic and flavonoid content of *Lavandula officinalis* essential oil

آزمون‌ها Analysis	انحراف معیار ± میانگین Mean ± SD
میزان فنول تام Total phenolic content (mg/gGAE)	71.55 ± 1.02
میزان فلاونوئید تام Total flavonoid content (mg rutin/ 100g)	82.66 ± 1.13
FRAP FRAP (m Molar $FeSO_4$)	12.63 ± 0.23
DPPH DPPH (mg/ml)	55.88 ± 2.72

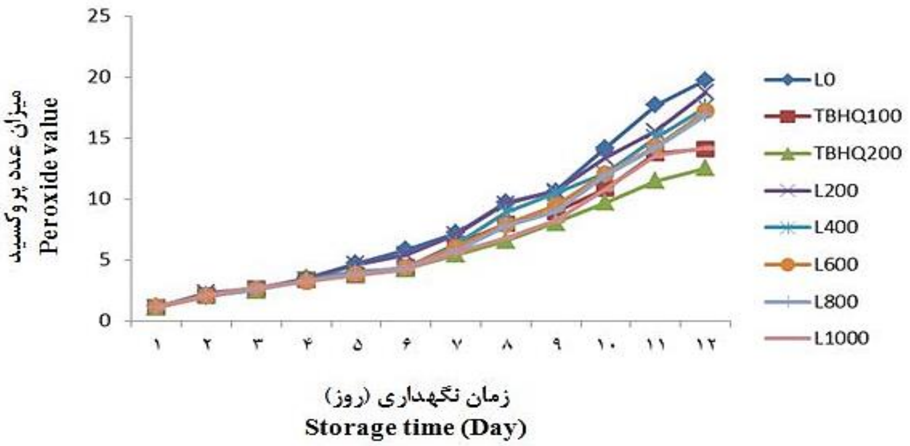
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی اسانس اسطوخودوس اسانس اسطوخودوس

در مطالعه حاضر، مطابق با روش FRAP که مبتنی بر توانایی کاهش ترکیب Fe^{3+} به Fe^{2+} است، نتیجه به‌دست آمده از اسانس اسطوخودوس ۱۲/۶۳ بر حسب میلی‌مولار سولفات آهن بود. همچنین، میزان IC_{50} در اسانس اسطوخودوس ۵۵/۸۸ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد (جدول ۲). در مطالعه طاهانژاد و همکاران (Taha Nejad *et al.*, 2012) و دیف و همکاران (Dif *et al.*, 2017) میزان IC_{50} بترتیب در اسانس اسطوخودوس ۳۵/۵۴ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و ۳۲/۱۲ میکرولیتر بر میلی‌لیتر گزارش شد که نشان‌دهنده بالاتر بودن خاصیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به مطالعه حاضر است. همچنین در بررسی اسانس اسطوخودوس اسپانیایی میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی با روش DPPH، IC_{50} ۳۱/۳۰ گرم بر لیتر و در روش FRAP در

محدوده ۰/۱۴ تا ۰/۲۴ میلی‌مول بر لیتر بر حسب ترولکس تخمین زده شد (Marín *et al.*, 2016). در مطالعه داخلائویی و همکاران (Dakhlaoui *et al.*, 2022) میزان IC50 در نمونه‌های اسانس اسطوخودوس ۴۸/۵۳ میکروگرم بر میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد. در مطالعه بدر و همکاران (Badr *et al.*, 2021) و ویودا-مارتوس و همکاران (Viuda-Martos *et al*., 2011) میزان IC_{50} اسانس اسطوخودوس بترتیب ۱۸۲۸/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر و ۴۸/۷ گرم بر لیتر تخمین زده شد. همانطور که از نتایج GC-MS مشاهده شد، حضور ترکیباتی همانند 1,8-Cineol، Linalool acetate و Linalool در اسانس اسطوخودوس منجر به افزایش خاصیت آنتی‌اکسیدانی شده است. از سوئی دیگر در مطالعه حاضر، همبستگی مثبت و معنی‌دار میان خاصیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنول و فلاونوئید تام مشاهده شد. اگرچه، با وجود این که فلاونوئیدها و فنولی‌ها دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی هستند، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان فقط به حضور این دو ماده شیمیایی محدود نمی‌شود. به عبارت دیگر، فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهان می‌توانند به‌دلیل وجود سایر متابولیت‌های ثانویه مانند روغن‌های فرار، کاروتنوئیدها، ویتامین‌ها و غیره باشند یا حتی به دلیل فعالیت سینرژیستی گونه‌های مختلف مواد شیمیایی گیاهی که در گیاهان وجود دارند (Adaramola *et al*., 2016). همچنین بیان شده که زمان برداشت (چیدن در صبح یا عصر) و سال برداشت می تواند بر میزان ترکیبات فنولی و متعاقبا بر روی خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسطوخودوس مؤثر باشد. علاوه براین، ذکر شده که نحوه استخراج اسانس یا عصاره اسطوخودوس، گونه اسطوخودوس و نوع قسمت‌های مورد استفاده برای استخراج (گل، ریشه و برگ) می‌تواند بر خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن مؤثر باشد (Yalcin *et al.*, 2017).

ارزیابی تغییرات کیفی روغن‌ها

همانطور که در شکل ۱ مشخص است، در طی دوازده روز نگهداری، عدد پراکسید در تمام تیمارها به‌طور معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۵$) افزایش یافته است. مقادیر عدد پراکسید به‌دست آمده در این تحقیق در روزهای اول تا پایان روز هشتم نگهداری، در تمام روغن‌ها پایین‌تر از حد مجاز (۱۰ میلی اکی‌والان در کیلوگرم اکسیژن) اندازه‌گیری شد و از روز نهم تا پایان روز دوازدهم، عدد پراکسیدی بالاتر از حد مجاز در تمامی نمونه‌ها، گزارش شد که در این میان، بالاترین مقادیر عدد پراکسید مربوط به نمونه کنترل بوده که فاقد هرنوع آنتی‌اکسیدان می‌باشد و روغن‌های حاوی آنتی‌اکسیدان سنتزی ($TBHQ_{200}$ و $TBHQ_{100}$) دارای کمترین افزایش در عدد پراکسید بودند. همانطور که مشاهده شد، تا روز ششم نگهداری از نظر عدد پراکسید نمونه‌های حاوی غلظت بالاتر از ۴۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم عملکرد مشابهی با آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی داشته‌اند و تفاوت معنی‌داری میان آن‌ها مشاهده نشد ($p > ۰/۰۵$). همانطور که مشاهده شد، تا روز نهم نگهداری نمونه‌های $TBHQ_{200}$ و L_{1000} با عدم اختلاف معنی‌دار در عدد پراکسید عملکرد مشابهی در کنترل اکسایش نشان دادند. اگرچه با گذشت زمان تا روز دوازدهم نمونه L_{1000} از نظر عدد پراکسید عملکردی مشابه با $TBHQ_{100}$ نشان داد. این افزایش در نمونه شاهد (فاقد آنتی‌اکسیدان) به‌طور معناداری شدیدتر بود که نشان‌دهنده مقاومت کمتر آن در برابر فساد اکسایشی در مقایسه با سایر نمونه‌ها می‌باشد. نتایج حاصل با مطالعات بنسمیرا و همکاران (Bensmira *et al.*, 2007)، رودریگز و همکاران (Rodrigues *et al.*, 2012) و سید و فرهمندفر و همکاران (Sayyad & Farahmandfar, 2017) مطابقت دارد.



شکل ۱- عدد پراکسید (برحسب میلی‌اکی والان گرم اکسیژن در هر کیلوگرم روغن) در نمونه‌های روغن کانولا حاوی غلظت‌های مختلف اسانس اسطوخودوس در طی ۱۲ روز نگهداری

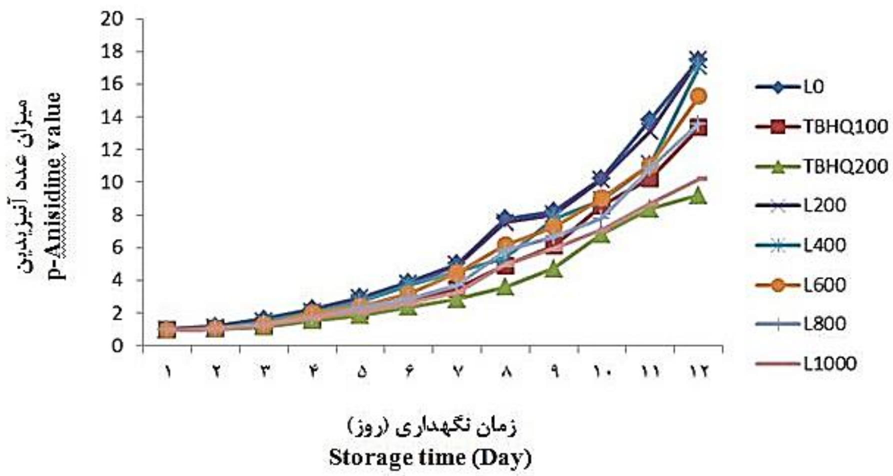
Fig. 1. Peroxide value (meq O_2 /Kg oil) in canola oils containing lavender essential oil during 12 days of storages

افزایش عدد آنیزیدین در طول دوره نگهداری احتمالا مربوط به تجزیه پراکسیدها و تبدیل آن‌ها به محصولات ثانویه اکسیداسیون می‌باشد. همچنان که از شکل ۲ مشاهده شد، عدد آنیزیدین در نمونه کنترل بالاتر از سایر نمونه‌ها ارزیابی شد که در واقع عدم وجود آنتی‌اکسیدان در نمونه در تسریع فرآیند اکسایش و تولید محصولات ثانویه اکسایش مؤثر بوده است.

در مقایسه میان عملکرد نمونه‌ها، $TBHQ_{200}$ و L_{1000} کمترین مقدار عدد آنیزیدین را در روز دهم تا روز دوازدهم نگهداری دارا بودند. همچنین مشاهده شد که در انتهای روز دوازدهم عملکرد $TBHQ_{100}$ و L_{800} از نظر عدد آنیزیدین مشابه هم بوده است. بنابراین غلظت ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم اسطوخودوس نقش مؤثری در جلوگیری از افزایش اکسایش روغن کانولا داشته است. نتایج بدست آمده با مطالعات توران (Turan, 2014) و آکاری و همکاران (Aachary *et al.*, 2014) مطابقت دارد. در مطالعه حاضر، نتایج بدست آمده از عدد آنیزیدین الگویی مشابه با نتایج حاصل از عدد پروکسید دارد. به‌طور کلی نمونه‌های آنتی‌اکسیدان سنتزی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و نمونه L_{1000} نقش مؤثرتری در مهار اکسایش لیپیدی داشته اند. بنابراین، حضور ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در اسانس اسطوخودوس بالاخص در نمونه L_{1000} منجر به تنزل تخریب اسیدهای چرب غیراشباع در روغن کانولا شده است.

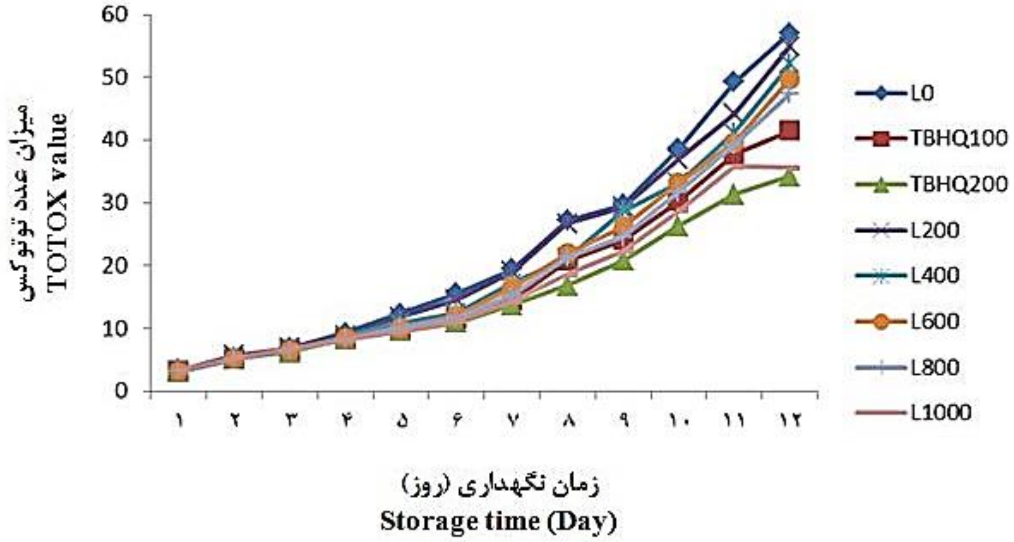
مقدار عدد توتوکس صرفا جهت تعیین پایداری اکسایشی روغن های تصفیه شده مورد استفاده قرار می‌گیرد (Mohammadi *et al.*, 2013). در مطالعه حاضر (شکل ۳)، با افزایش عدد توتوکس در طی افزایش مدت زمان نگهداری بیانگر افزایش فساد روغن در طی نگهداری در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد است که با نتایج نقشینه و همکاران (Naghshineh *et al.*, 2009)، عبدالکریم همکاران (Abdulkarim *et al.*, 2007) و آکاری و همکاران (Aachary *et al.*, 2014) همخوانی دارد. افزایش در عدد توتوکس تقریبا روندی مشابه با عدد پروکسید و آنیزیدین نشان داد. با توجه به نتایج بدست آمده، عدد توتوکس در نمونه کنترل بطور معنی‌داری نسبت به بقیه تیمارها بالاتر بود و پس از آن L_{200} در جایگاه بعدی قرار دارد. همانطور که ملاحظه می‌شود، میزان عدد توتوکس در طی ۱۲ روز نگهداری در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در نمونه‌های $TBHQ_{200}$ (۳۴/۲۹) و اسانس اسطوخودوس L_{1000} (۳۵/۵۸) بطور معنی‌داری پایین‌تر از تیمارهای دیگر ثبت شد. بنابراین، می‌توان بیان نمود که باتوجه به عملکرد مشابه L_{1000} با $TBHQ_{200}$ این اسانس به‌طور مؤثری منجر به مهار اکسایش روغن کانولا در طی ۱۲ روز نگهداری در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد شده است. همچنان که مشاهده می شود، در پایان دوازده روز نگهداری الگوی افزایش میزان عدد توتوکس به‌صورت $L_{800} > TBHQ_{100} > L_{1000} > TBHQ_{200} > L_{600} > L_{400} > L_{200} > L_0$ مشاهده شد که میان نمونه $TBHQ_{200}$ و L_{1000} اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

در تحقیق حاضر با گذشت زمان از روز اول تا روز دوازدهم، عدد تیوباربیتوریک اسید (شکل ۴) کلیه نمونه‌ها به‌طورمعنی‌داری ($p \leq 0.05$) افزایش یافته است. همانطور که از نتایج مشاهده می‌شود، در ابتدای زمان نگهداری (چهار روز اول) در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد، اختلاف معنی‌داری بین عدد تیوباربیتوریک اسید اسانس اسطوخودوس در غلظت‌های مختلف با آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ وجود نداشت، ولی با گذشت زمان اسانس اسطوخودوس تنها در غلظت‌های ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم توانایی مشابهی با TBHQدر مهار هیدروپراکسیدها نشان داد.



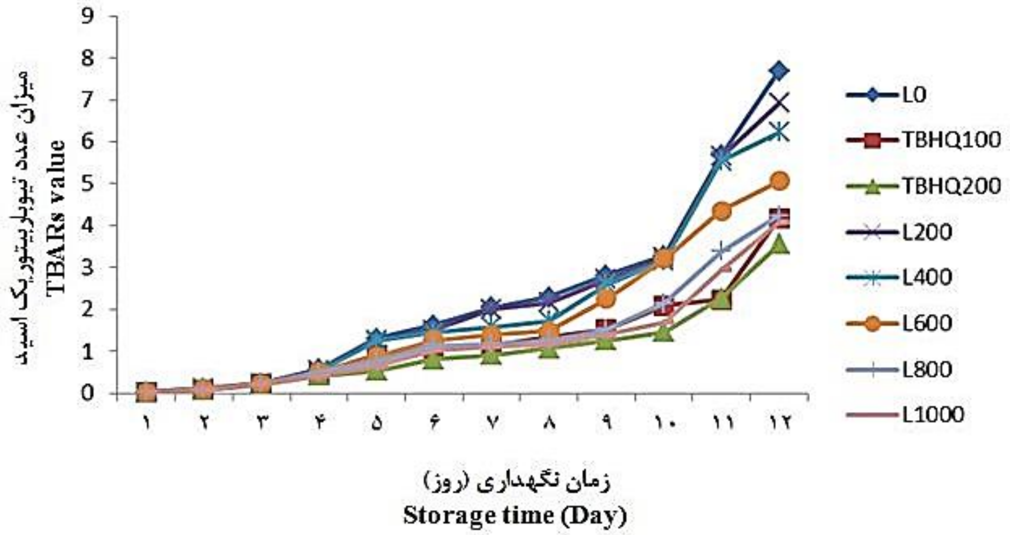
شکل ۲- عدد آنیزیدین در نمونه‌های روغن کانولا حاوی غلظت‌های مختلف اسانس اسطوخودوس در طی ۱۲ روز نگهداری

Fig. 2. P-Anisidine value in canola oils containing lavender essential oil during 12 days of storages



شکل ۳- عدد توتوکس در نمونه‌های روغن کانولا حاوی غلظت‌های مختلف اسانس اسطوخودوس در طی ۱۲ روز نگهداری

Fig. 3. TOTOX value in canola oils containing lavender essential oil during 12 days of storages



شکل ٤- عدد تیوباربیتوریک اسید (برحسب میلی‌گرم مالون دی آلدهید در هر کیلوگرم روغن) در نمونه‌های روغن کانولا حاوی غلظت‌های مختلف اسانس اسطوخودوس در طی ۱۲ روز نگهداری

Fig. 4. TBARs in canola oils containing lavender essential oil during 12 days of storages

در نتیجه در سایر نمونه‌های مورد بررسی، مقدار مالون دی آلدهید و عدد تیوباربیتوریک اسید، افزایش بیشتری یافت. به‌دلیل این که مالون دی آلدهید از محصولات ثانویه اکسایش بوده و از تجزیه محصولات اولیه از جمله پراکسیدها به‌دست می‌آید، برخلاف عدد پراکسید با سرعت کمتری افزایش یافت، اما روند افزایشی در ساعات پایانی قابل توجه بود که با نتایج تحقیق دلفانیان و همکاران (Delfanian *et al*., 2015) و گلی و همکاران (Goli *et al*., 2005) همخوانی داشت. باید توجه داشت که پایداری اکسایشی روغن های خوراکی وابسته به محتوای اسید چرب روغن و میزان ترکیبات دیگری همانند توکوفرول و پلی‌فنول‌ها است. توکوفرول‌ها و ترکیبات فنولی ترکیبات عملکردی مهم در روغن‌های گیاهی هستند. توکوفرول یک آنتی‌اکسیدان طبیعی بسیار مهم می‌باشد که برای سلامت انسان حائز اهمیت است. از سوئی دیگر، ترکیبات فنولی هم به‌دلیل داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی برای فعالیت‌های بیولوژیکی بدن با کاهش بیماری‌های ایجاد شده توسط رادیکال‌های آزاد و گونه های فعال اکسیژن نقش مهمی دارند (Sharayei *et al*., 2011).

نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج بدست آمده از محتوای فنول و فلاونوئید تام و همچنین خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس اسطوخودوس، همراه با نتایج حاصل از به کارگیری آن در روغن کانولا طی شرایط تسریع شده، می‌توان نتیجه گرفت که این اسانس به‌عنوان ضد اکساینده طبیعی، توانایی واکنش با رادیکال‌های حاصل از اکسایش لیپیدها را داشته و موجب قطع واکنش‌های زنجیره‌ای اکسایش و افزایش زمان و کاهش سرعت اکسایش خود به خودی می‌شود. همانطور که مشاهده شد، اکسایش روغن کانولا در تمامی نمونه‌ها بالاخص نمونه‌های فاقد آنتی‌اکسیدان یا آنتی‌اکسیدان به میزان کمتر با افزایش مدت زمان نگهداری، به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. به‌طور کلی، اسانس اسطوخودوس در غلظت L_{1000} و همچنین در برخی شاخص‌های اکسایشی اسانس اسطوخودوس در غلظت L_{800} همانند آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ نقش مؤثری در جلوگیری از اکسایش روغن‌های خوراکی داشته است.

میزان مشارکت

فاطمه السادات خانقایی: انجام آزمایشات، نگارش، مدیریت و تحلیل داده‌ها. **فاطمه اکرمی، الهه عسکری، الهام خلیلی، حسین فلاح زاده:** مدیریت پروژه و داده‌ها، کنترل آزمایشات، بررسی و ویرایش، تحلیل داده‌ها.

تأمین مالی

نویسندگان این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد به خاطر حمایت های مالی و آزمایشگاه بهداشت و ایمنی مواد غذایی جهت همکاری اعلام می‌دارند.

References

1. Aachary, A.A., Chen, Y., Eskin, N.M., & Thiyam-Hollander, U. (2014). Crude canolol and canola distillate extracts improve the stability of refined canola oil during deep-fat frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *116*(11), 1467-1476. https://doi.org/10.1002/ejlt.201300498
2. Abdulkarim, S., Long, K., Lai, O.M., Muhammad, S., & Ghazali, H. (2007). Frying quality and stability of high-oleic Moringa oleifera seed oil in comparison with other vegetable oils. *Food Chemistry*, *105*(4), 1382-138. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.013
3. Adaramola, B., Onigbinde, A., & Shokunbi, O. (2016). Physiochemical properties and antioxidant potential of Persea Americana seed oil. *Chemistry International*, *2*(3), 168-175.
4. Amiri, M., Arab, M., Sadrabad, E.K., Mollakhalili-Meybodi, N., & Fallahzadeh, H. (2023). Effect of gamma irradiation treatment on the antioxidant activity, phenolic compounds and flavonoid content of common buckwheat. *Radiation Physics and Chemistry*, 111127. https://doi.org/10.1016/j.radphyschem. 2023.111127
5. Badr, M.M., Badawy, M.E., & Taktak, N.E. (2021). Characterization, antimicrobial activity, and antioxidant activity of the nanoemulsions of *Lavandula spica* essential oil and its main monoterpenes. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, *65*, 102732.
6. Bajalan, I., Mohammadi, M., Alaei, M., & Pirbalouti, A.G. (2016). Total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity of extracts from different populations of lavandin. *Industrial Crops and Products*, *87*, 255-260. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.059
7. Behbahani, B.A., Shahidi, F., Yazdi, F.T., Mortazavi, S.A., & Mohebbi, M. (2017). Use of *Plantago major* seed mucilage as a novel edible coating incorporated with *Anethum graveolens* essential oil on shelf life extension of beef in refrigerated storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, *94*, 515-526. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.10.055
8. Bensmira, M., Jiang, B., Nsabimana, C., & Jian, T. (2007). Effect of lavender and thyme incorporation in sunflower seed oil on its resistance to frying temperatures. *Food Research International*, *40*(3), 341-346. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.10.004
9. Caser, M., Falla, N.M., Demasi, S., & Scariot, V. (2023). From fresh to dried lavender flower: Changes in phytochemical profile according to drying method. *Horticulturae*, *9*(6), 700. https://doi.org/10.3390/horticulturae9060700
10. Ciocarlan, A., Lupascu, L., Aricu, A., Dragalin, I., Popescu, V., Geana, E.-I., & Hristozova, G. (2021). Chemical composition and assessment of antimicrobial activity of lavender essential oil and some by-products. *Plants*, *10*(9), 1829.
11. Cui, L., Cho, H.T., McClements, D.J., Decker, E.A., & Park, Y. (2016). Effects of salts on oxidative stability of lipids in Tween-20 stabilized oil-in-water emulsions. *Food Chemistry*, *197*, 1130-1135. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.099

12. Dakhlaoui, S., Wannes, W.A., Sari, H., Hmida, M.B., Frouja, O., Limam, H., & Jallouli, S. (2022). Combined effect of essential oils from Lavender (*Lavandula officinalis* L.) aerial parts and coriander (*Coriandrum sativum* L.) seeds on antioxidant, anti-diabetic, anti-cancer and anti-inflammatory activities. *Journal of Essential Oil Bearing Plants, 25*(1), 188-199. https://doi.org/10.1080/0972060X.2022.2049892
13. de Rapper, S., Kamatou, G., Viljoen, A., & van Vuuren, S. (2013). The in vitro antimicrobial activity of *Lavandula angustifolia* essential oil in combination with other aroma-therapeutic oils. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. https://doi.org/10.1155/2013/852049
14. Delfanian, M., Esmaeilzadeh Kenari, R., & Sahari, M.A. (2015). Antioxidative effect of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruit skin extract in soybean oil. *Food Science & Nutrition, 3*(1), 74-80. https://doi.org/10.1002/fsn3.193
15. Dif, M., Benyahia, M., Toumi Benali, F., Rahmani, M., & Bouazza, S. (2017). Phenolic content and antioxidant activity of three algerian species of lavenders. *Phytothérapie, 15*(6), 367-372. https://doi.org/10.1007/s10298-016-1028-5
16. Dong, G., Bai, X., Aimila, A., Aisa, H.A., & Maiwulanjiang, M. (2020). Study on lavender essential oil chemical compositions by GC-MS and improved pGC. *Molecules, 25*(14), 3166. https://doi.org/10.3390/molecules25143166
17. Farhoosh, R., Pazhouhanmehr, S., & Poorazrang, H. (2010). Heat stability of the oils from current canola cultivars in Iran. *Iranian Journal of Food Science and Technology, 6*(4), 11-17.
18. Foglia, T.A., Petruso, K., & Feairheller, S.H. (1993). Enzymatic interesterification of tallow sunflower oil mixtures. *Journal of the American Oil Chemists' Society, 70*(3), 281-285. https://doi.org/10.1007/BF02545309
19. Fu, M., Qu, Q., Yang, X., & Zhang, X. (2016). Effect of intermittent oven drying on lipid oxidation, fatty acids composition and antioxidant activities of walnut. *LWT-Food Science and Technology, 65*, 1126-1132. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.002
20. Ghadri, T.A., Mousavi Gargari, S.L., Sharafi, S.M., Darvish Alipour Astaneh, S., & Rezaei, M.B. (2010). Antimicrobial, antioxidant, hematologic and cytotoxic properties of *Lavandula angustifolia* essential oil. *Pathobiology Research (Modares Journal Of Medical Sciences), 12*(4), 45-58.
21. Goli, A.H., Barzegar, M., & Sahari, M.A. (2005). Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*Pistachia vera*) hull extracts. *Food Chemistry, 92*(3), 521-525. https://doi.org/10.1016/ j.foodchem.2004.08.020
22. Karami, O.R., Khodaverdi, M., & ALI, A.F. (2010). Antibacterial effect of effective compounds of *Satureja hortensis* and *Thymus vulgaris* essential oils against *Erwinia amylovora*. https://jast.modares.ac.ir/article-23-2947-en.html
23. Marín, I., Sayas-Barberá, E., Viuda-Martos, M., Navarro, C., & Sendra, E. (2016). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of essential oils from organic fennel, parsley, and lavender from Spain. *Foods, 5*(1), 18. https://doi.org/10.3390/foods5010018
24. Mastrodi Salgado, J., Baroni Ferreira, T.R., de Oliveira Biazotto, F., & dos Santos Dias, C.T. (2012). Increased antioxidant content in juice enriched with dried extract of pomegranate (*Punica granatum*) peel. *Plant Foods for Human Nutrition, 67*(1), 39-43. https://doi.org/10.1007/s11130-011-0264-y
25. Mohammadi, M., Hajeb, P., Seyyedian, R., Hossein Mohebbi, G., & Barmak, A. (2013). Evaluation of oxidative quality parameters in imported edible oils in Iran. *British Food Journal, 115*(6), 789-795. https://doi.org/10.1108/BFJ-Feb-2011-0035
26. Naghshineh, M., Ariffin, A.A., Ghazali, H.M., Mirhosseini, H., Kuntom, A., & Mohammad, A.S. (2009). Monitoring the change patterns of physicochemical properties of oil blend as function of storage time. *Journal of Food, Agriculture & Environment, 7*(3&4), 1-20. https://www.isfae.org/scientificjournal.php
27. Rodrigues, N., Malheiro, R., Casal, S., Manzanera, M.C.A.-S.-., Bento, A., & Pereira, J.A. (2012). Influence of spike lavender (*Lavandula latifolia* Med.) essential oil in the quality, stability and composition of soybean oil during microwave heating. *Food and Chemical Toxicology, 50*(8), 2894-2901. https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.05.020
28. Sarafraz Ardakani, M., Akrami Mohajeri, F., Askari, E., Javdan, G., Pourramezani, F., Fallahzadeh, H., & Khalili Sadrabad, E. (2023). Efficacy of different Sesame oil refining stages in reduction of heavy metals, antioxidant activity, and oxidative parameters. *Journal of Food Processing and Preservation*. https://doi.org/10.1155/2023/1197398
29. Sarrami, S., Akrami Mohajeri, F., Sadeghizadeh-Yazdi, J., Jambarsang, S., & Khalili Sadrabad, E .(2023). Chemical composition and antioxidant activity of clove essential oil and its effect on stability of sesame oil under accelerated condition. *Journal of Nutrition and Food Security, 8*(3), 343-352. https://doi.org/10.18502/jnfs.v8i3.13280

30. Sayyad, R., & Farahmandfar, R. (2017). Influence of *Teucrium polium* L. essential oil on the oxidative stability of canola oil during storage. *Journal of Food Science and Technology*, *54*, 3073-3081. https://doi.org/10.1007/s13197-017-2743-0
31. Sharayei, P., Farhoosh, R., Poorazrang, H., & Khodaparast, M.H.H. (2011). Effect of bene kernel oil on the frying stability of canola oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *88*, 647-654. https://doi.org/10.1007/s11746-010-1708-5
32. Taha Nejad, M., Barzegar, M., Sahari, M., & H, N.B. (2012). Evaluation of antioxidant activity of *Lavandula angustifolia* essential oil in crude soybean oil system. *Journal Medicinal Plants*, *11*(41), 127-140. https://jmp.ir/article-1-482-fa.html
33. Turan, S. (2014). Efficiency of various plant essential oils in stabilization of canola oil and of its purified triacylglycerols. *Journal of Essential Oil Research*, *26*(3), 166-176. https://doi.org/10.1080/10412905.2013.840810
34. Viuda-Martos, M., Mohamady, M., Fernández-López, J., Abd ElRazik, K., Omer, E., Pérez-Alvarez, J., & Sendra, E. (2011). In vitro antioxidant and antibacterial activities of essentials oils obtained from Egyptian aromatic plants. *Food Control*, *22*(1), 1715-1722. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.04.003
35. Xylia, P., Chrysargyris, A., Botsaris, G., & Tzortzakis, N. (2017). Potential application of spearmint and lavender essential oils for assuring endive quality and safety. *Crop Protection*, *102*, 94-103. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.08.015
36. Yalcin, H., Kavuncuoğlu, H., Tulukcu, E., & Eroğlu, Z. (2017). The effect of harvest time on the bioactive properties and volatile components of lavender (*Lavandula officinalis*). *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, *9*(3), 275-283. https://doi.org/10.3920/QAS2015.0763